

鹿島技術研究所西調布音響実験棟

久米設計 小幡 学

三菱地所 加藤晋平



1. はじめに

訪問した建物は1986年7月に竣工しており、丁度10年経過したことになります。当建物は免震建物の初期の段階にもかかわらず、免震建物の適用領域の拡大を狙い、「免震」と「防振」との両立を図った「免震防振構法」の開発の一環として鹿島建設技術研究所の音響実験棟に初めて適用されたものです。又、鹿島建設では使用後10年経たことにより、積層ゴムの経年変化の調査を行ったと聞き、その調査結果も興味深く、鹿島建設の三浦部長の紹介によって、須賀川広報委員長及び広報委員の小幡、加藤の4名で当建物を訪問いたしました。



写真-1 音響実験棟の外観

2. 建物概要

◆免震防振構造の採用理由

本建物では微振動に対して敏感な実験・計測が行われるため、免震防振構造が採用された。

◆免震防振構造の概要

建築場所：調布市多摩川1丁目36番1号

建築面積：379.10㎡

延べ面積：655.99㎡

階数：地上2階

軒高：10.20m

構造：鉄筋コンクリート造

総重量：2,000t

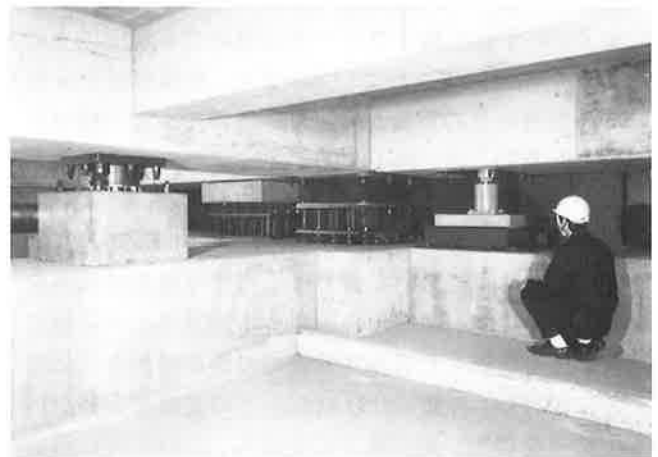


写真-2 免震装置設置状況

実験棟の外観を写真-1に、免震装置設置状況を写真-2に示します。また、平面図、立断面図、免震装置の配置を図-1～図-3に示します。

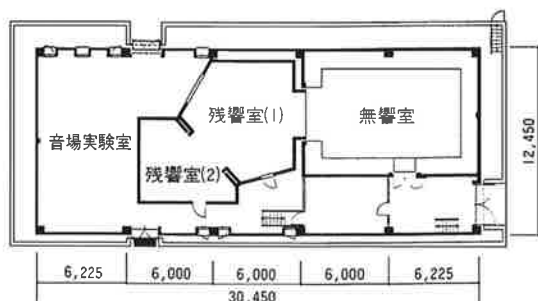


図-1 1階平面図

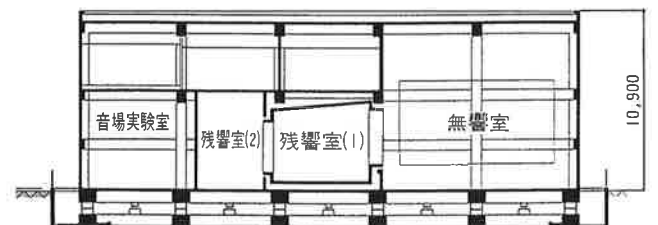


図-2 立断面図

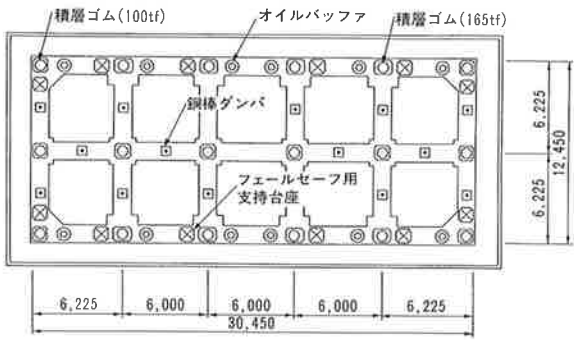


図-3 免震装置の配置

2-1. 積層ゴム

支持荷重100ton用(直径:76cm)と165ton用(直径:98cm)の2種類の天然ゴム系積層ゴム支承を18個使用している。

積層ゴムは、63Hzバンドで30dB以上、12.5Hzバンドで20dB以上の振動低減効果を得るため、鉛直固有振動を5Hzと定めている。また、水平剛性は建物の水平固有周期を2秒となるように定めている。

免震防振積層ゴムでは鉛直剛性を低くするために、通常の免震用積層ゴムに比べて一層のゴム厚が厚くなっている。(図-4参照)

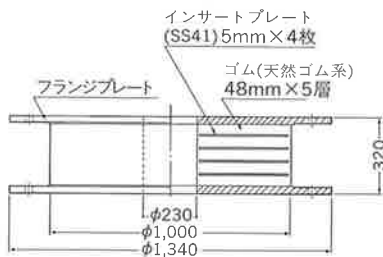


図-4 積層ゴム

2-2. 鋼棒ダンパー

ダンパーの容量(降伏荷重レベル)は、50cm/sの地震入力に対して十分な免震効果が得られることを目標に定めている。

図-5に鋼棒ダンパーの詳細図を示す。ディテールは後に、中小地震にも十分な免震効果が得られるように二重円筒間のギャップを広げて高減衰ゴムのブッシュを挿入したもので、小変形域の剛性を低くし、適度の減衰も付与できるように改造している。

2-3. オイルバッファ

バッファを図-6に示す。この装置は建物が下方へ動くとき中のオイルがバルブを通過し、この時の抵抗力が減衰力として働くが、上方への運動に対してはリターン springs がピストンロッドを押し上げる機構となっているため片効きである。上下応答を約半分にする。

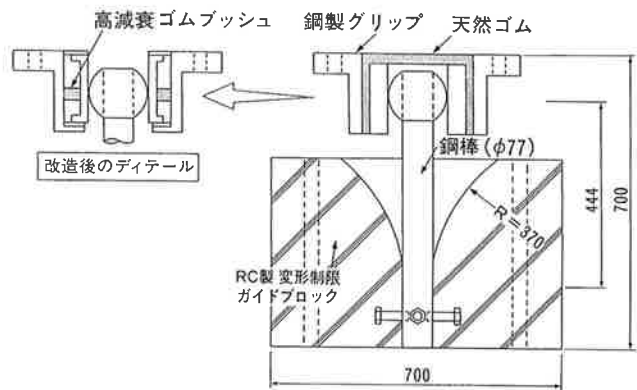


図-5 鋼棒ダンパー

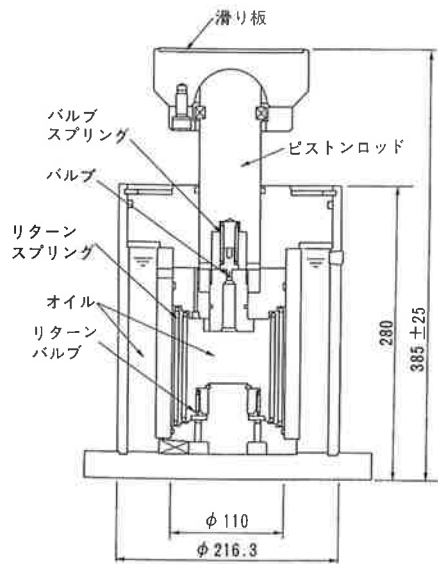


図-6 オイルバッファ

2-4. 免震防振効果

(1) 免震効果(大地震時)

実地震記録波を用いた解析結果によると、屋上階にて加速度は約1/4~1/5に低減される。(図-7参照)

入力波:EL CENTRO 1940 NS

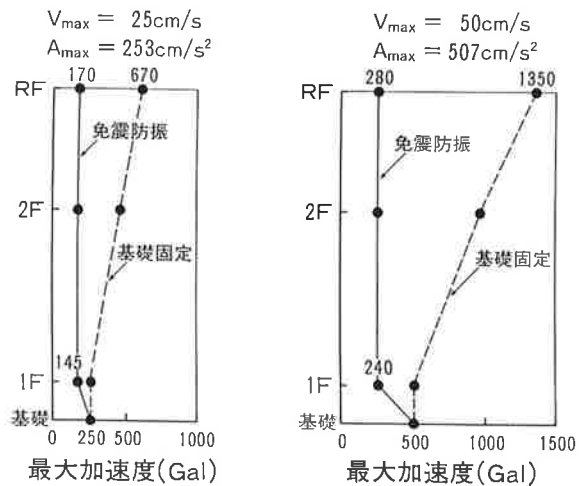


図-7 大地震時の免震効果(解析結果)

(2) 免震効果(小地震波)

音響実験棟及び隣棟(基礎固定)では竣工以来地震観測を行っている。加速度応答が約1/2~1/4に低減しており、ダンパー改造後のデータは優れた免震効果を示している。(図-8参照)

(3) 防振効果

10Hz以上の振動数領域で20dB以上の低減を示している。(図-9参照)

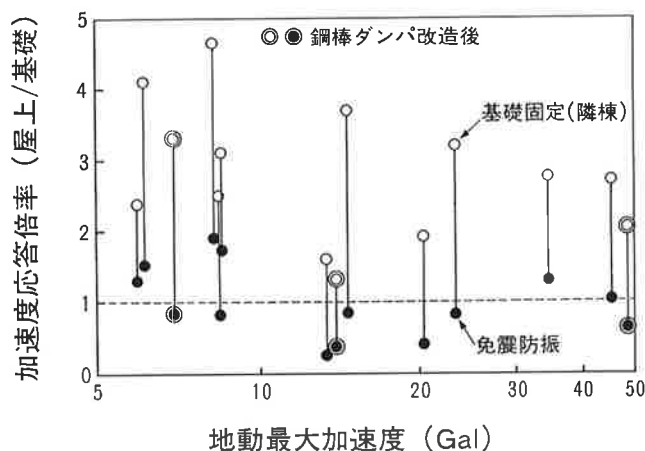


図-8 小地震の免震効果(地震観測結果)

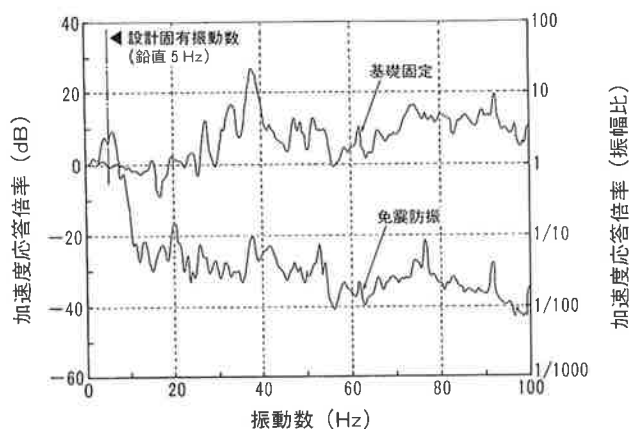


図-9 防振効果(微振動測定結果)

3. 免震積層ゴムの10年後の特性調査

今回調査に使用した積層ゴムは、1986年7月に竣工した音響実験棟の使用後10年経ったもので、これをジャッキアップして1個抜き取り、積層ゴムの経年変化(剛性とクリープ変形)を調査している。

(1) 水平剛性

10年前の製品検査と同じ方法で水平加力実験を行った結果、10年前の水平剛性と現時点での結果が一致しており、水平剛性はほとんど変化していないことを確認している。(図-10参照)

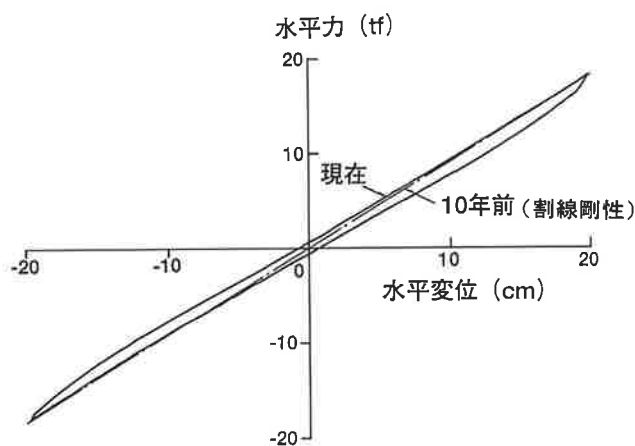


図-10 積層ゴムの履歴曲線

(2) クリープ変形

過去における測定結果(表-1参照)として、クリープ変形は0~1mmの範囲でばらついている。この原因としては、温度伸縮がクリープ変形に対して相対的に大きく、同時期に測定しても温度による影響が完全には排除できないためと思われる。

測定時の温度の影響を考慮して、現時点でのクリープ変形を過大に見積もった場合、1.5mm程度である。これは、積層ゴムの総ゴム厚の約0.4%と極めて小さい値になっている。

表-1 クリープ測定結果一覧

番号	測定年月日	免震層気温(°C)	竣工日からの経過年月	下方への変位(mm)	1年目同時期からの変位差(mm)
1	1986. 7.26	不明	(竣工日)	0.0	-
2	9. 1	不明	0年1ヶ月	0.2	-
3	10. 1	不明	0年2ヶ月	0.9	-
4	11. 1	不明	0年3ヶ月	2.4	-
5	12. 3	不明	0年4ヶ月	3.0	-
6	1987. 1. 6	不明	0年5ヶ月	3.8	-
7	2. 3	5	0年6ヶ月	3.8	-
8	3. 5	9	0年7ヶ月	3.0	-
9	4. 9	13	0年8ヶ月	2.1	-
10	5. 9	17	0年9ヶ月	3.5	-
11	6.12	22	0年10ヶ月	1.0	-
12	7. 8	23	0年11ヶ月	0.9	-
13	8. 1	24	1年0ヶ月	0.3	0.3
14	10.31	17	1年3ヶ月	1.9	-0.5
15	1988. 1. 6	8	1年5ヶ月	3.3	-0.5
16	3. 4	8	1年7ヶ月	3.7	0.7
17	5.31	20	1年10ヶ月	1.5	0.5
18	9. 6	22	2年1ヶ月	0.8	0.6
19	11.10	17	2年3ヶ月	2.3	-0.1
20	1990. 1.24	5	3年6ヶ月	4.3	0.5
21	7.27	27	4年0ヶ月	1.0	1.0
22	1991.12.17	9	5年4ヶ月	3.7	0.7
23	1994. 8.31	26	8年1ヶ月	0.5	0.3
24	1996. 7.31	26	10年0ヶ月	1.0	1.0

4. 訪問談議

始めに、設計に携わった飯塚主管研究員と音響実験棟を実際に利用している安藤主管研究員にお話を伺いました。

音響実験棟は微震動に対して敏感な実験、計測が行われるため「免震防振構法」が採用されたとのことでした。

「積層ゴムの鉛直剛性は振動レベルの目標値から鉛直固有振動数が5Hzとなるよう定めています。微震動については観測結果から目標値を満足していることを確認していますが、その後の周辺建物の建設工事における振動発生に対しても、支障なく測定が続けられる状態になっています」と安藤さんは話されていました。「水平剛性は建物の水平固有周期が2秒となるよう定め、ダンパーは、鹿島建設で新規に開発した鋼棒ダンパーを用いています。しかし、この種の鋼棒ダンパーは小変形領域で高い初期剛性をもつため、中小地震には十分な免震効果が期待できにくい欠点が生じます。そこで中小地震にも十分な免震効果が得られる様に高減衰ゴムのブッシュを挿入したディテールの改良を施し、その改良鋼棒ダンパーに後ほど取り替えました」と飯塚さんは説明してくれました。この結果、小地震でも免震効果が十分表れている観測結果になっているとのことでした。

この後、実際の建物を見学し、半地下になっているメンテ用の空間から免震層を見学しました。飯塚さんが10年後の特性調査した積層ゴムや先程の説明してくれたダンパーを指し示しながら案内してくれました。

又、フェイルセーフ用の支持台座について質問すると、初期段階であったので、万が一を考え、フェイルセーフを考えたが、今では必要がないと思いますとのことでした。

5. あとがき

免震防振構法は、その後幹線道路沿いに建つ音響実験施設、市の中心地やJR線に隣接したオフィスビルそして火力発電所の情報管理棟等に採用され、その効果を発揮しているということです。

加熱促進実験によって、積層ゴムの耐久性は60年以上と予測し、その妥当性の確認として今回、10年後の積層ゴムをジャッキアップして抜き取り、予測値よりも変化の度合いが少ないという調査結果を発表していますが、今後も同様の調査を続けていく方針とのことでした。

今回の訪問を通じて、鹿島建設の技術研究所は、免震建物に積極的な姿勢を示し、創意工夫への意欲的な取り組みをしていると感じました。

最後に、多忙な年末に貴重なお時間を割いていただいた鹿島建設(株)技術研究所のみなさんに改めてお礼申し上げます。



写真-3 免震層内見学